

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI BAHAN TERHADAP SIFAT
FISIS DAN SIFAT MEKANIS KOPLING GESEK
SEPEDA MOTOR DENGAN BAHAN DASAR SERAT
BAMBU, SERBUK LIMBAH PENGGERGAJIAN BAJA,
SERBUK TEMBAGA DAN RESIN PHENOLIC**



Disusun Sebagai Syarat
Untuk Mengikuti Ujian Tugas Akhir Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

ARI HERMAWANTO
D 200 07 0021

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
OKTOBER 2012**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul **“PENGARUH VARIASI BAHAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS KOPLING GESEK SEPEDA MOTOR DENGAN BAHAN DASAR SERAT BAMBU, SERBUK PENGGERGAJIAN BAJA, SERBUK TEMBAGA DAN RESIN PHENOLIC”**, telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **ARI HERMAWANTO**

NIM : **D 200 07 0021**

Disahkan pada

Hari : **Selasa**


Tanggal : **20 November 2012**


Tim Penguji :

Ketua : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro., M.T.

Anggota 1 : Ir. Agus Hariyanto., M.T

Anggota 2 : Ir. Bibit Sugito., M.T.

Dekan,

Ir. Agus Riyanto., M.T.

Ketua Jurusan,

Ir. Sartono Putro., M.T

PENGARUH VARIASI BAHAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS KOPLING GESEK SEPEDA MOTOR DENGAN BAHAN DASAR SERAT BAMBU, SERBUK LIMBAH PENGGERGAJIAN BAJA, SERBUK TEMBAGA DAN RESIN PHENOLIC

Ari Hermawanto, Ir.Pramuko I.P, M.T, Ir. Agus Hariyanto,M.T.

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosuro

email : Ari.hermawanto@gmail.com

ABTRAKSI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan dengan menggunakan fraksi berat serbuk limbah penggergajian baja, serbuk tembaga, serat bambu dan resin phenolic terhadap keausan, kekerasan dan foto makro dari spesimen kampas kopling dan hasil pengujian variasi bahan kampas tersebut dibandingkan dengan kampas kopling X.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk limbah penggergajian baja, serbuk tembaga, serat bambu, dan resin phenolic. Kemudian dalam pembuatan dilakukan proses kompaksi dengan gaya sebesar 4 ton dan ditahan selama 60 menit. Setelah mencapai holding time yang diinginkan, dies (cetakan) dimasukkan kedalam oven dan dilakukan proses sintering dengan suhu 80⁰C selama 40 menit dan spesimen dikeluarkan dari cetakan. Setelah didapat tiga spesimen kampas kopling variasi serbuk limbah penggergajian baja, serbuk tembaga, serat bambu dan resin phenolic lalu dilakukan proses pengujian keausan dengan standart ASTM D 3702-94 dan pengujian kekerasan Brinell dengan standart ASTM F 1957-99, kemudian dilakukan foto makro untuk melihat kepadatan dan sifat masing-masing bahan penyusun specimen kampas kopling.

Hasil pengujian menunjukan bahwa komposisi bahan dengan menggunakan fraksi berat serbuk limbah penggergajian baja sebesar 40 %, serbuk tembaga sebesar 20 %, serat bambu 20% dan resin phenolic 20% didapat, harga uji keausan kering 0,14 mm/jam, uji keausan basah pengaruh oli 0,19 mm/jam dan harga kekerasan 4,363 Kg/mm². Sehingga mendekati kampas kopling X yaitu dengan harga uji keausan kering sebesar 0,15 mm/jam, uji keausan basah pengaruh oli sebesar 0,20 mm/jam dan harga kekerasan 3,974 Kg/mm²

Kata kunci : kampas kopling, serbuk limbah penggergajian baja, serbuk tembaga, serat bambu, kekerasan, keausan.

PENDAHULUAN

Dengan semakin banyaknya industri pembuatan produk dari logam belakangan ini, sehingga berdampak besar menghasilkan limbah serbuk logam dari proses produksi tersebut yang tidak berguna dan tidak dimanfaatkan lagi. Sebenarnya di Indonesia, banyak sekali limbah logam dan limbah organik yang dapat dijadikan bahan baku bahan gesek (Sutikno, 2008), misalnya serbuk limbah penggergajian baja, serbuk tembaga dan serbuk logam lainnya. Dengan cara mencampur serbuk limbah logam, serat dan bahan penyusun lainnya akan menghasilkan produk kampas kopling. Selain dapat memanfaatkan serbuk limbah logam yang sudah tidak terpakai lagi juga akan berdampak pada nilai ekonomis produk kampas kopling dengan harga yang murah dan berkualitas.

Kampas Kopling (*lining pad*) merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang berfungsi untuk sebagai penghubung dan pemutus tenaga putaran mesin dari poros engkol, terutama pada saat kendaraan melakukan perpindahan kecepatan kampas kopling memiliki beban yang cukup besar dibandingkan komponen yang lain. (Sularso, dkk, 1997).

Kampas kopling sepeda motor pada umumnya terbuat dari bahan asbestos dengan unsur-unsur penambah lainnya. Serat asbes mulai ditinggalkan karena dapat menyebabkan penyakit kanker bagi pekerja di Industri (Kurt. Dkk, 2005). Bahan lain yang dapat digunakan sebagai pengganti serat asbes adalah bahan-bahan dari serat alam misalnya serat bambu. (Silva, dkk, 2006)

Sehingga diperlukan penelitian bagaimana membuat kampas kopling menggunakan bahan yang ramah

lingkungan dan harga yang terjangkau dengan membuat formula/campuran bahan-bahan selain asbes dengan komposisi bahan yang baik

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui harga keausan spesimen kampas kopling dengan alat uji gesek dan dibandingkan dengan kampas kopling di pasaran atau disini disebut kampas kopling X mengacu pada standar ASTM D 3702-94.
2. Mengetahui perbandingan harga kekerasan spesimen kampas kopling dengan produk kampas kopling X dengan mengacu pada standar ASTM F 1957-99.
3. Mengetahui komposisi bahan kampas kopling dengan foto makro.

BATASAN MASALAH

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kampas kopling non asbes ini adalah serbuk limbah penggergajian baja yang diabaikan jenis bajanya, serbuk tembaga dengan ukuran mesh 60, serat bambu dengan ukuran sekitar 2 mm, dan memiliki moisture contents dalam keadaan kering 11%. Sedangkan bahan pengikat digunakan resin *Phenolic* dengan tipe R-802 EX-1.

- a. Perbandingan Variasi komposisi bahan kampas kopling dengan menggunakan fraksi berat yaitu :
 1. 40% serbuk limbah penggergajian baja + 20% serbuk tembaga + 20% serat bambu + 20% resin *Phenolic*
 2. 30% serbuk limbah penggergajian baja + 30% serbuk tembaga + 20% serat bambu + 20% resin *Phenolic*
 3. 20% serbuk limbah penggergajian baja + 40%

serbuk tembaga + 20% serat bambu + 20% resin *Phenolic*.

TINJAUAN PUSTAKA

Sutikno, dkk, (2011), dalam penelitiannya tentang sifat mekanik bahan gesek rem komposit diperkuat serat bambu. Variasi bahan yang digunakan adalah serat bambu, serbuk logam, serbuk kaca dan resin *epoksi*. Sedangkan alat pembuatan kampas terdiri dari timbangan digital, mesin press dan oven. Metode pembuatan kampas yaitu pencampuran semua bahan penyusun dengan menggunakan blender, setelah itu masukan semua bahan ke dalam cetakan, Selanjutnya, dipres dalam kondisi panas menggunakan mesin pres isostatik panas pada suhu 190°C selama 3 jam dan tekanan yang diterapkan 4 ton. Sesudah itu, spesimen dipanasi proses curing pada 200°C selama 4 jam.. Kekerasan *Brinell*, kekuatan tarik maksimum dan ketahanan aus ditemukan secara berurutan antara 21,7-43,4 kg/mm², 0,021-0,036 ton, dan 1,5 exp -11 - 5,2 exp-11 m²/N. Ini membuktikan bahwa serat bambu dapat digunakan untuk mengganti serat asbes,.

Perwira, D.H.Y, (2011), dalam penelitiannya tentang pengaruh penggunaan resin polyester dan resin phenolic terhadap komposisi serat bambu, serbuk tembaga, fiberglass pada pembuatan kampas rem. Alat yang digunakan adalah mesin pres, timbangan digital untuk menimbang bahan penyusun dan oven. Metode pembuatan dengan cara mencampur semua bahan yang telah divariasikan setelah itu dimasukan ke dalam cetakan dan dikompaksi dengan mesin pres. Kemudian di *sintering* dengan suhu 200° C selama 60 menit. Perbandingan penggunaan resin polyester dan phenolic pada tingkat

kekerasan didapat nilai yang mendekati produk aspira dengan nilai 29,89 kg/mm², dan untuk phenolic adalah sebesar 33,14 kg/mm².

Landasan teori

1. Kopling

Kopling adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dari poros penggerak (*driving shaft*) ke poros yang digerakkan (*driven shaft*), dimana putaran inputnya akan sama dengan putaran outputnya. Tanpa kopling, sulit untuk menggerakkan elemen mesin sebaik-baiknya. Dengan adanya kopling pemindahan daya dapat dilakukan dengan teratur dan seefisien mungkin.

2. Komposit

Kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja *to compose* yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi definisi komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat. (Gibson,R.F, 1994).

3. Proses kompaksi

Kompaksi merupakan proses pemampatan serbuk material dalam *dies* (cetakan) dengan gaya tekan dari mesin *kompaksi* dan besarnya gaya tekan sesuai ketentuan dalam penelitian yang dilakukan, *kompaksi* mempunyai tujuan untuk mendapatkan *green body* dari spesimen benda uji yang dihasilkan dari campuran homogen tersebut. Proses pemampatan adalah suatu proses mesin yang memberikan gaya penekanan *uniaksial*. (German, 1984).

4. Sintering

Istilah *sintering* berasal dari bahasa jerman, "*sinter*" dalam bahasa inggris berasal dengan kata "*cinder*" yang berarti bara. *Sintering* merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel pada suhu tinggi. *Sintering* adalah pengikatan bersama antar partikel pada suhu tinggi. *Sintering* dapat terjadi dibawah suhu leleh (*melting point*) antara 0,7 – 0,85 Tm (*temperature melting*) dengan melibatkan *transfer atomic* pada kondisi padat. (German, 1984).

5. Metalurgi Serbuk

Metode metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan logam dalam keadaan padat, dimana bahan logam dibuat dengan ukuran partikel yang halus, yaitu dengan cara mencampurkan serbuk logam sebagai matrik dengan plastik dan asbes sebagai serat serta penambahan resin atau *epoxy* sebagai pengikat, kemudian diaduk sehingga diperoleh campuran homogen. Campuran tersebut kemudian dikompaksi dengan tekanan tertentu sehingga dihasilkan bentuk padat yang disebut *green body*. *Green body* hasil hasil kompaksi telah terbentuk, kemudian dilakukan proses sintering (dipanaskan pada temperatur tertentu) sehingga akan terjadi pengikatan pada campuran homogen tersebut sehingga menjadi padat dan kompak. (German, 1994).

6. Mesh

Pengertian mesh adalah, besarnya partikel yang dapat masuk pada lubang yang berukuran 1 inci persegi. Ukuran serbuk dapat diketahui dengan melakukan pengukuran serbuk. Untuk menganalisa ukuran partikel, teknik yang digunakan adalah teknik

screening. Partikel yang lolos dari screen adalah partikel yang lebih kecil dan partikel yang tertinggal adalah partikel yang lebih besar. Satuan metode ini adalah mesh. (German, 1994).

Tabel1. Standar Mesh. (German, 1994).

Ukuran Mesh	Bukaan (µm)	Ukuran Mesh	Bukaan (µm)
18	1000	100	150
20	850	120	125
25	710	140	106
30	600	170	90
35	500	200	75
40	425	230	63
45	355	270	53
50	300	325	45
60	250	400	38
70	212	450	32
80	180	500	25
		600	20

7. Serbuk Limbah Penggergajian Baja

Serbuk limbah penggergajian baja adalah bahan sisa dari suatu kegiatan atau proses produksi dengan penggergajian. Baja mengandung 12% sampai 30% kromium sebagai elemen paduan utama. Serbuk limbah penggergajian baja yang digunakan mempunyai ukuran mesh 60. (Surdia, T.dkk, 1995)

8. Serbuk Tembaga

Serbuk tembaga merupakan salah satu bahan logam yang digunakan untuk membuat komponen otomotif, elektronika dan juga sebagai bahan untuk produk cat yang bersifat konduktif. Dalam industri otomotif dan elektronika, pembuatan komponen dari serbuk tembaga dilakukan dengan teknologi metalurgi serbuk, dimana proses metalurgi serbuk terdiri dari tahapan – tahapan *mixing*, *compacting* dan *sintering*. Mesh

pada serbuk tembaga ini menggunakan ukuran 60 yang disaring dengan alat *sieve machine*. (Surdia, T.dkk, 1995)

9. Serat Bambu

Serat bambu adalah serat selulosa yang diekstraksi atau dibuat dari bambu alami yang berupa potongan-potongan kecil dari batang bambu yang membentuk jaringan yang utuh. Serat bambu dipotong dengan ukuran sekitar 2 mm. Adapun jenis bambu yang dipergunakan adalah jenis bambu ori dengan pertimbangan jenis bambu ini tebal, mengandung kadar air rendah, dan mudah didapat. Adapun beberapa karakteristik sifat fisik bambu antara lain adalah (Dransfield, dkk, 1995) :

1. Wettability

Menunjukkan kemampuan cairan untuk menempel pada permukaan benda padat dan memberikan pengaruh yang cukup besar dan adhesi.

2. Kadar Air

Kadar air merupakan sifat fisik bambu yang penting karena mempengaruhi sifat mekanik dari bambu. Kandungan air pada batang bambu setelah dipotong antara 50%-90%. sedangkan kadar air bambu kering berkisar antara 8% - 12%. Berat Jenis

3. Bambu memiliki berat jenis berkisar antara 600%-900% kg/m³.

10. Matrik

Matrik memegang peran penting sebagai pengikat serat, transfer beban dan pendukung serat. Pada komposit serat (*Fibrous Composites*) matriks yang digunakan adalah *resin* (plastik yang berfasa cair). Bahan matrik yang sering digunakan dalam komposit adalah polimer. Polimer di dunia industri yang sering digunakan adalah polimer sintetik atau buatan sebagai perekat. Beberapa polimer yang sering

digunakan di industri antara lain : karet, plastik, dan serat. Berdasarkan sumbernya terdiri dari polimer alami dan buatan. Polimer alami terdiri dari hewan, nabati, mineral, *elastomer*. Polimer buatan terdiri dari *termoplastik* dan *termoset*. (Kenneth G,1999).

Bahan matrik yang sering digunakan dalam komposit antara lain: (Kenneth G,1999).

1. Termoset

Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya . Misalnya : *resin alkid*, *fenolik*, *poliester*, *epoksi*, *poliuretana (PU)*, *melamin* dan *urea formaldehid (UF)*

2. Thermoplastic

Jenis plastik yang menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan dan proses ini bisa dilakukan berulang kali. Nama termoplastik diperoleh dari sifat plastik ini yang bisa dibentuk ulang dengan proses pemanasan. Misalnya: *poliamid (nilon)*, *poliasetal*, *polietilen*, *polivinil klorida (PVC)*.

3. Resin Elastomer

Resin elastomer adalah resin yang mempunyai sifat elastik di mana dimensinya boleh berubah apabila dikenakan daya tegangan.

11. Resin *Phenolic (Ripoxy Vinylester R-802 EX-1)*

Secara umum resin *Phenolic* adalah termasuk dalam resin Termoset yang dikembangkan oleh showa highpolymer, berdasarkan teknologinya sendiri dipertengahan tahun 1960 an. Umumnya disebut *vinylester resin* dan

lebih khususnya *epoxy crylate* resin. Resin *Phenolic* dikembangkan untuk memperbaiki karakteristik yang sulit untuk *curing* (mengeras). Resin *Phenolic* biasanya berbentuk dalam bentuk larutan styrene atau acryl. Tidak seperti polyesterresin *Phenolic* dapat dikeraskan melalui dengan mengencerkan monomer-monomer reaktif selain styrene monomer, karena bagian utamanya pada kelompok reaktif terdiri dari radikal-radikal acrylate atau methacrylate. Penerapan *phenolic* meluas karena ini *curabe* (dapat mengeras) tanpa monometer reaktif apapun. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut. (Kenneth G,1999). :

1. Massa jenis : 1,15 gram/cm³
2. Modulus young : 3,0 GPa
3. Kekuatan tarik : 50 GPa

12. Fraksi Berat

Pada penelitian ini digunakan fraksi berat sebagai acuan pencampuran bahan dari komposisi kampas kopling. Fraksi berat adalah perbandingan antara berat material penyusun dengan berat komposit. Fraksi berat material penyusun dapat dihitung dengan persamaan: (Gibson, 1994).

$$W_f = \frac{\rho_f \cdot V_f}{\rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m} \times 100\% \dots \dots 1$$

dimana:

- W_f : fraksi berat (%)
 ρ_f : Berat jenis fiber. (gr/cm³)
 V_f : Volume fiber. (cm³)
 ρ_m : Berat jenis matrik (gr/cm³)
 V_m : Volume matrik (cm³)

13. Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relative antara

permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*) atau biasa disebut dengan Tribologi. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). (Kenneth G,1999)

Untuk mengetahui harga keausan digunakan rumus dengan mengacu pada standart ASTM D 3702-94 yaitu :

$$WR = \frac{(X1a+X1b+X1c+X1d)-(X2a+X2b+X2c+X2d)}{4.T} \dots 2$$

Dimana :

- WR : keausan
 X1 : tebal awal (mm)
 X2 : tebal akhir (mm)
 T : durasi (jam)

14. Pengujian Kekerasan *Brinell*

Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh J.A.*Brinell* pada tahun 1900. Pengujian kekerasan dilakukan dengan memakai bola baja yang diperkeras (*hardened steel ball*) dengan beban dan waktu indentasi tertentu. Hasil penekanan adalah jejak berbentuk lingkaran bulat, yang harus dihitung diameternya dibawah mikroskop khusus pengukur jejak.

Rumus pengukuran kekerasan metode *brinell* yaitu. (Van Vliet, G. L. T, dkk,1984) :

$$HB = \frac{2p}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots 3$$

dimana :

- HB : adalah harga kekerasan spesifik (Kg/mm²)
 P : adalah beban (Kg)
 D : diameter indentor (mm)
 d : diameter jejak (mm)

15. Koefisien Gesek

Koefisien gesek disimbolkan dengan huruf Yunani μ , yaitu suatu skala dimensional bernilai kecil yang menjelaskan perbandingan gaya gesek antara dua bagian dan gaya tekan keduanya. (Niemann, G, 1981)

Rumus koefisien gesek dasar (μ):

$$\mu = \frac{F}{N} \dots \dots \dots 4$$

F = gaya gesek (Newton)

N = gaya normal (Newton)

Rumus koefisien gesek pada kampas kopling. (Niemann, G, 1981):

$$\mu = \left[\frac{3}{2} \right] \left[\frac{T}{p \cdot \pi (r_o^3 - r_i^3) \eta} \right] \dots \dots \dots 5$$

T = Torsi (kg.mm)

p = Tekanan (kg/mm²)

r_o = Radius luar injakan kampas kopling (mm)

r_i = Radius dalam injakan kampas kopling (mm)

η = Efisiensi luas kampas kopling

dimana torsi (T) diperoleh dengan rumus :

$$T = \frac{P}{\omega}$$

P = Daya (watt)

P = V.I

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

ω = Omega

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

n = Putaran (rpm)

Dimana tekanan (p) diperoleh dengan rumus :

$$p = \frac{F}{\pi (r_o^2 - r_i^2)}$$

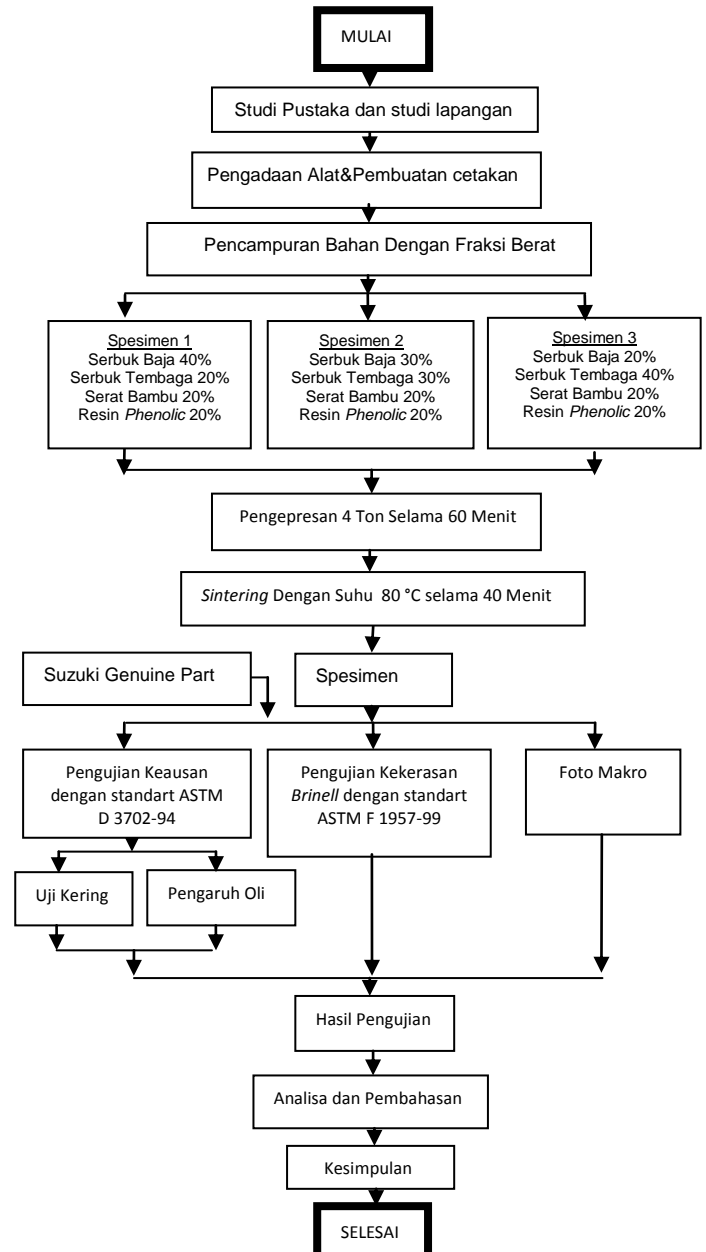
F = Gaya (kg)

Dimana efisiensi luas (η) diperoleh dengan rumus :

$$\eta = \frac{A \times \text{jumlah kampas}}{\pi (r_o^2 - r_i^2)}$$

A = Luasan kampas (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Skema Diagram Alir Penelitian

Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan bahan yaitu bahan campuran dari berbagai material yang digunakan sebagai percobaan pembuatan kampas kopling. Bahan tersebut antara lain :

- Serbuk Baja
- Serbuk Tembaga
- Serat Bambu
- Resin *Phenolic (Ripoxy Vinylester R - 802 EX - 1)*
- Dexton Plastic Stell Epoxy
- Plat Kampas

Alat Penelitian

Dalam pembuatan spesimen kampas kopling ini terdapat alat-alat yang digunakan antara lain :

- MBT Sieve Shaker AG – 515 sebagai alat penyaring
- Timbangan (Berat Digital)
- Cetakan (*Dies*)
- Gelas dan sendok.
- Mesin press
- Oven
- Digital Tachometer*
- Clamp Meter
- Vernier Caliper*

Instalasi Pengujian

- Alat Uji Kekerasan



Gambar 2. Alat Uji Kekerasan Brinell

- Alat Uji Gesek



Gambar 3. Alat Pengujian Gesek

- Alat foto makro



Gambar 4. Alat *Inverted Metalurgy Microscope*

- Spesimen Uji



Spesimen 1



Spesimen 2



Spesimen 3

Gambar 5. Hasil Spesimen Kampas Kopling.

Rancangan Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan berdasarkan dari hasil pengujian dengan membandingkan harga keausan dan kekerasan dari ketiga spesimen yang telah diuji, kemudian hasil yang digunakan adalah rata-rata dari ketiga spesimen yang telah diuji. Setelah diketahui hasil dari setiap spesimen, kemudian dimasukkan kedalam tabel dan dibuat grafik histogram sehingga dapat dilihat dengan mudah perbedaan dari ketiga spesimen tersebut.

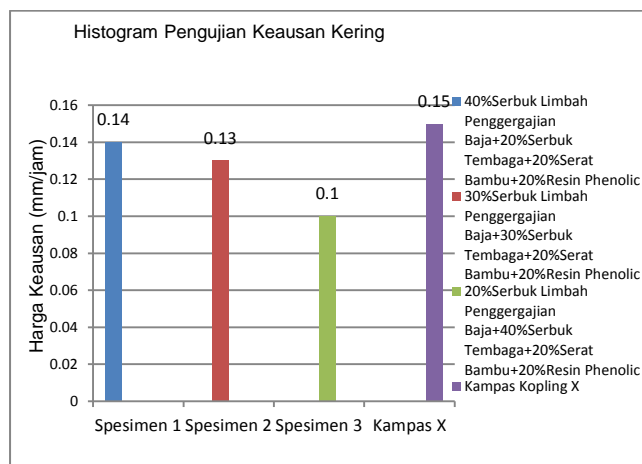
HASIL DAN PEMBAHASAN

no	Kampas kopling uji keausan kering	Keausan Rata-rata (mm/jam)
1	Spesimen 1	0,14
2	Spesimen 2	0,13
3	Spesimen 3	0,10
4	Kampas X	0,15

Pengujian Keausan

1. Pengujian Keausan Kering

Table 2. Hasil Penelitian Keausan Uji Kering



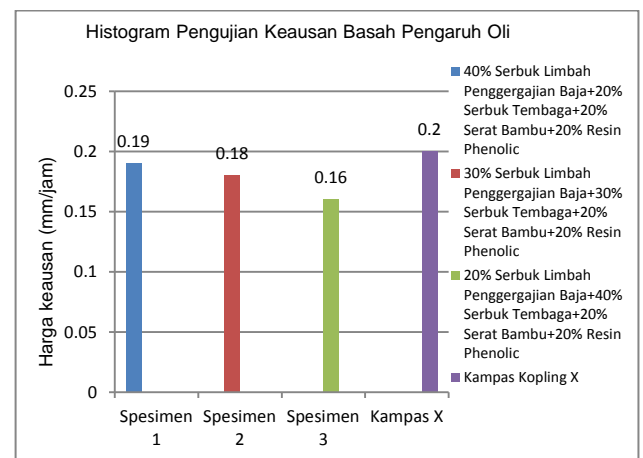
Gambar 6. Histogram Hasil Uji Keausan Kering

Dari grafik Histogram 6. pengujian keausan kering didapat harga keausan spesimen 1 sebesar 0.14 mm/jam, spesimen 2 sebesar 0.13 mm/jam, spesimen 3 sebesar 0.10 mm/jam dan kampas kopling X sebesar 0.15 mm/jam. Dari semua pengujian keausan kering paling rendah tingkat keausanya adalah kampas spesimen 3 dan harga keausan yang mendekati dan kampas kopling X adalah kampas spesimen 1.

2. Pengujian Keausan Basah Pengaruh Oli

Table 3. Hasil Penelitian Keausan Basah pengaruh oli

no	Kampas kopling uji keausan basah pengaruh oli	Keausan Rata-rata (mm/jam)
1	Spesimen 1	0,19
2	Spesimen 2	0,18
3	Spesimen 3	0,16
4	Kampas X	0,20



Gambar 7. Histogram Hasil Uji Keausan Basah Pengaruh Oli

Dari grafik Histogram 7, pengujian keausan basah yang diberi pengaruh oli didapat harga keausan

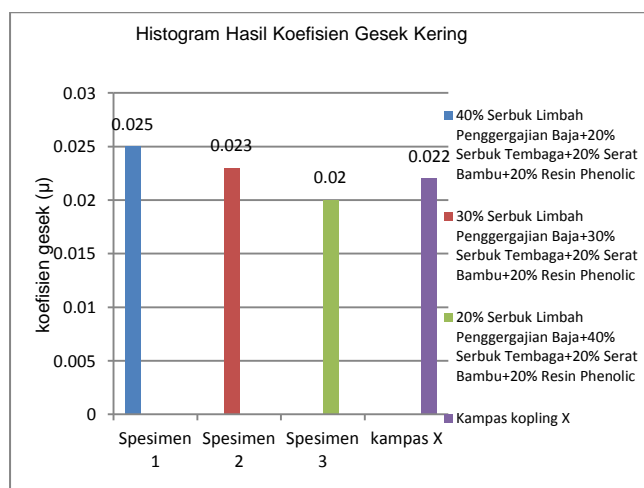
spesimen 1 sebesar 0.19 mm/jam, spesimen 2 sebesar 0.18mm/jam, spesimen 3 sebesar 0.16 mm/jam dan kampas kopling X sebesar 0.20 mm/jam. Dari semua pengujian keausan basah pengaruh oli paling rendah tingkat keausannya adalah kampas spesimen 3 dan harga keausan yang mendekati kampas kopling X adalah kampas spesimen 1.

Hasil perhitungan koefisien gesek kampas kopling

1. Hasil perhitungan koefisien gesek kampas kopling kering

Table 4. Hasil Penelitian Koefisien Gesek (μ) Uji Kering

no	Kampas kopling koefisien gesek kering	Koefisien gesek (μ)
1	Spesimen 1	0,026
2	Spesimen 2	0,024
3	Spesimen 3	0,021
4	Kampas X	0,022



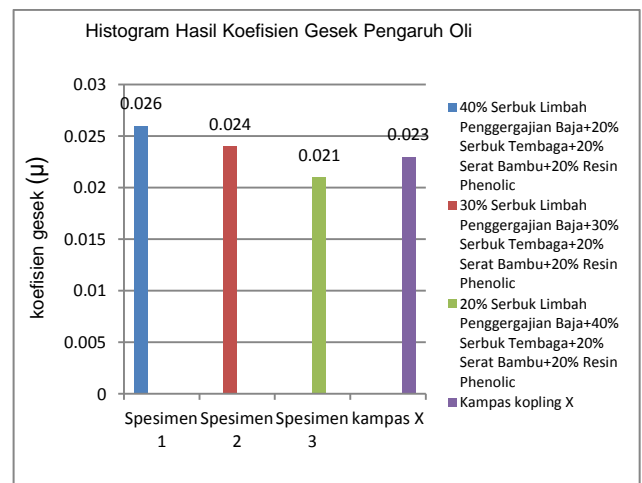
Gambar 8. Histogram Hasil koefisien gesek kering

Dari grafik Histogram 8, pengujian koefisien gesek kering maka didapat koefisien gesek spesimen 1 sebesar 0.025, spesimen 2 sebesar 0.023, spesimen 3 sebesar 0.020 dan kampas kopling X sebesar 0.022. Dari semua pengujian koefisien gesek paling rendah adalah kampas kopling spesimen 3

2. Hasil perhitungan koefisien gesek kampas kopling Pengaruh Oli

Table 5. Hasil Penelitian Koefisien Gesek (μ) Pengaruh Oli

no	Kampas kopling koefisien gesek pengaruh oli	Koefisien gesek (μ)
1	Spesimen 1	0,025
2	Spesimen 2	0,024
3	Spesimen 3	0,020
4	Kampas X	0,023



Gambar 9. Histogram Hasil koefisien gesek Pengaruh Oli

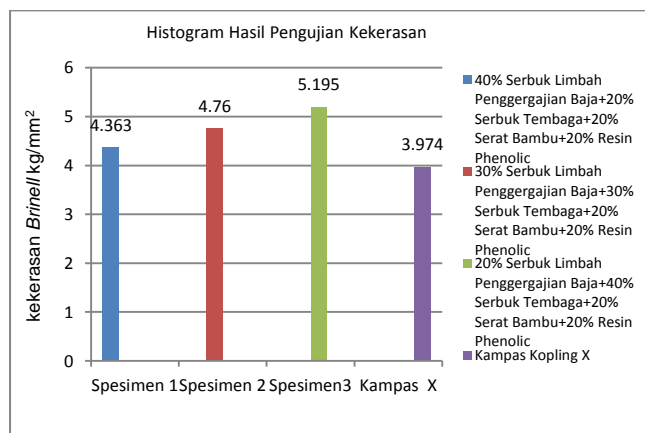
Dari grafik Histogram 9, pengujian koefisien gesek oli maka didapat koefisien gesek spesimen 1 sebesar 0.026, spesimen 2 sebesar

0.024, spesimen 3 sebesar 0.021 dan kampas kopling X sebesar 0.023. Dari semua pengujian koefisien gesek paling rendah adalah kampas spesimen 3

Pengujian Kekerasan Brinell

Table 6. Hasil Penelitian Kekerasan Brinell

no	Kampas kopling Pengujian Kekerasan	HB (Kg/mm ²)
1	Spesimen 1	4,363
2	Spesimen 2	4,760
3	Spesimen 3	5,195
4	Kampas X	3,974



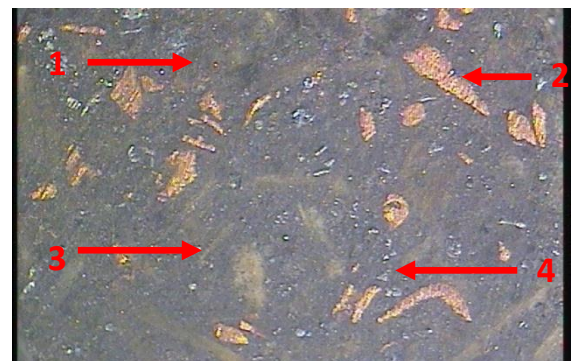
Gambar 10. Histogram Hasil uji kekerasan

Dari pengujian kekerasan brinell dengan tekanan 153,2 N di dapat nilai kekerasan kampas kopling spesimen 1 sebesar 4,363 kg/mm², kampas kopling spesimen 2 sebesar 4,76 kg/mm², kampas kopling spesimen 3 sebesar 5,195 kg/mm², dan kampas kopling X sebesar 3,974 kg/mm². Dari semua pengujian kekerasan Brinell nilai yang

paling keras adalah kampas spesimen 3 dan harga kekerasan Brinell yang mendekati kampas kopling X adalah kampas spesimen 1.

Hasil Foto Makro Spesimen

- Foto makro 1 (40% serbuk limbah penggergajian baja, 20% serbuk tembaga, 20% serat bambu dan 20% resin phenolic)

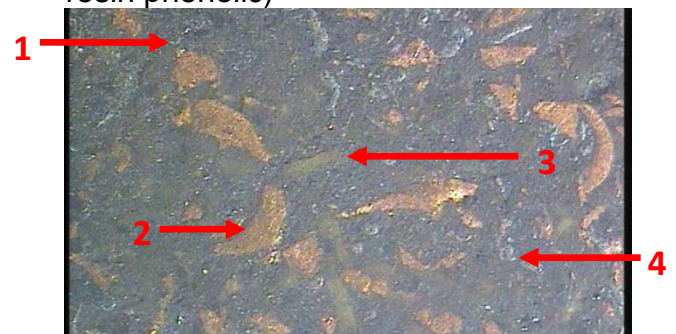


Gambar 11. Foto Makro Spesimen 1

Keterangan :

- Serbuk limbah penggergajian baja.
- Serbuk tembaga.
- Serat bambu.
- Resin phenolic

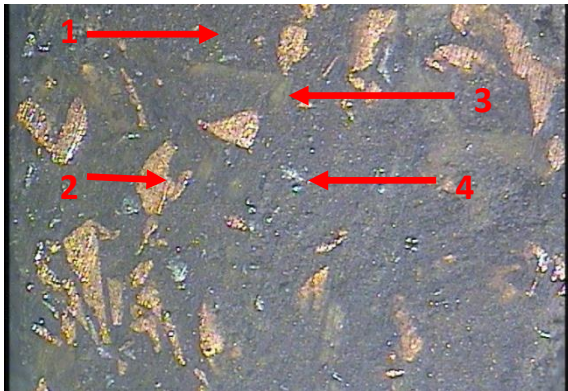
- Foto makro 2 (30% serbuk limbah penggergajian baja, 30% serbuk tembaga, 20% serat bambu dan 20% resin phenolic)



Gambar 12. Foto Makro Spesimen 2

Keterangan :

1. Serbuk limbah penggergajian baja.
 2. Serbuk tembaga.
 3. Serat bambu.
 4. Resin phenolic
- Foto makro 3 (20% serbuk limbah penggergajian baja, 40% serbuk tembaga, 20% serat bambu dan 20% resin phenolic)



Gambar 13. Foto Makro Spesimen 3

Keterangan :

1. Serbuk limbah penggergajian baja.
2. Serbuk tembaga.
3. Serat bambu.
4. Resin phenolic

Kesimpulan

1. Dari pengujian keausan kering maupun uji keausan basah pengaruh oli didapatkan harga keausan ketiga spesimen kampas kopling lebih rendah dibandingkan harga keausan kampas kopling X. Sedangkan spesimen kampas kopling yang mendekati harga keausan kampas kopling X adalah spesimen kampas 1. Sehingga baik diaplikasikan di kendaraan sebagai pengganti kampas kopling X.

2. Dan untuk pengujian kekerasan, dihasilkan harga kekerasan ketiga spesimen kampas kopling lebih keras / tinggi dibanding harga kekerasan kampas kopling X, dikarenakan bahan penyusun ketiga spesimen terdapat logam seperti serbuk limbah penggergajian baja dan serbuk tembaga. Sedangkan yang mendekati harga kekerasan kampas kopling X yaitu spesimen 1.
3. Campuran yang homogen juga dapat menyebabkan perbedaan harga kekerasan dimana campuran yang homogen akan lebih rapat dan lebih tinggi harga kekerasannya. Kerapatan suatu spesimen dapat dilihat dari foto makro yaitu meratanya bahan penyusun kampas setelah dilakukan proses *sintering* dan material serbuk terlihat lebih halus.

Saran

1. Persiapan sebelum proses pembuatan kampas kopling hendaknya benar-benar matang, baik mengenai alat-alat yang akan dipakai, *dies* (cetakan) yang ukurannya telah benar-benar sesuai dengan yang diharapkan agar spesimen yang dihasilkan lebih bagus.
2. Proses pencampuran bahan harus tercampur merata. Hal ini akan berpengaruh terhadap harga kekerasan maupun keausan kampas dan dapat terlihat setelah dilakukan foto makro.
3. Pembuatan specimen yang lebih banyak dengan variasi yang beragam akan lebih memudahkan dalam pengamatan hasil pengujian kampas. Dan dapat meningkatkan kualitas sampel yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards, ASTM D 3702-94, 1999, ***Standart Test Method For Wear Rate Coefficient Of Materials In Self Lubricated Rubbing Contact Using A Thrust Washer Testing Machine***. ASTM international, United States.
- Annual Book of ASTM Standards, ASTM F 1957-99, 1999, ***Standard Test Method for Composite Foam Hardness-Durometer Hardness***. ASTM international, United States.
- Dransfield, S. and Widjaya E.A., 1995. ***Bambu, Plant Resources of South East Asia 7, Backhays, Leiden***
- Dumanauw, J.F, 1994. ***Mengenal Kayu***. Pendidikan Industri Kayu Atas, Semarang.
- German. R.M., 1984. ***Powder Metallurgi Science***. Metal Power Industries Federation. Princeton, New Jersey.
- Gibson, R.F., 1994, ***Principle of Composite Material Mechanics***, McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Kenneth, G dan Michael, K, 1999, ***Engineering Materials***. Upper River, New Jersey.
- Kurt, A. dan Boz, M. 2005, ***Wear behaviour of organic asbestos based and bronze based powder metal brake linings***. Materials and Design.
- Liu, Y., Fan, Z., Ma, H., Tan, Y. dan Qiao, J. 2006, ***Application of nano powdered rubber in friction materials***. Wear.
- Niemann, G, 1981, ***Machine Element***, Springer - Verlag, New Delhi.
- Perwira, D.H.Y,. 2011, ***Pengaruh Penggunaan Resin Polyester Dan Resin Phenolic Terhadap Komposisi Serat Bambu, Serbuk Tembaga, Fiberglass Pada Pembuatan Kampas Rem***. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Desember 2011, Surakarta.
- Silva, E.C.N., Walters, M.C., dan Paulino, G.H. 2006, ***Modeling bamboo as a functionally graded material***, lessons for the analysis of affordable materials.

- Sularso., dan Suga, K. 1997, ***Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.***, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T dan saito, s, 1995, ***Pengetahuan Bahan Teknik.***,pradnya paramita, Jakarta.
- Sutikno. 2008. ***Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor.*** Profesional, Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan
- Sutikno, S.E. Sukiswo, S.S. Dany, 2011, ***Sifat Mekanik Bahan Gesek Rem Komposit Diperkuat Serat Bambu.*** Diakses 14 juni 2012 dari (<http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpfi> jam 13:15).
- Vliet, G., L., J., V., dan Both, W., 1984, ***Teknologi Untuk Bangunan Mesin, Bahan-Bahan 1***, Pradnya Paramita, Jakarta.